




全国高等农林院校“十一五”规划教材

无机及 分析化学实验

周红 主编

 中国农业出版社

周红(110) 主编

全国高等农林院校“十一五”规划教材

无机及分析 化学实验

常州大学图书馆
藏书章

周红 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

无机及分析化学实验/周红主编. —北京: 中国农业出版社, 2010. 7
全国高等农林院校“十一五”规划教材
ISBN 978-7-109-14631-0

I. ①无… II. ①周… III. ①无机化学—化学实验—高等学校—教材②分析化学—化学实验—高等学校—教材
IV. ①061-33②065-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 100912 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100125)
责任编辑 曾丹霞

北京机工印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 11
字数: 191 千字
定价: 18.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 周 红

副主编 黄红苹 马俊蓉 邓维萍

李兴玉

编 者 马建文 赵 艳 赵红梅

赵 蕾 李兴玉 邓维萍

马俊蓉 黄红苹 周 红

[前 言]

在化学教学中，实验占有重要地位。通过实验教学，引导学生仔细观察实验现象，直接获得对化学知识的感性认识；巩固并加深对所学理论知识的理解；训练学生正确掌握化学实验的基本方法和基本技能；培养学生严谨的科学态度，良好的实验作风以及独立分析问题、解决问题的能力。

本书是根据化学实验教学的需要，在总结了多年无机及分析化学实验教学实践经验的基础上编写而成。其内容分为三部分：第一部分为无机及分析化学实验基础知识和基本操作技术，包括化学实验常用的单元操作，如沉淀、过滤、加热、蒸发、结晶、萃取、离心等的操作方法和技能。介绍了常用仪器的使用。第二部分为实验部分，共选编了28个实验。实验内容力求贴近生活，贴近农林生产实际，但又避免与后续课程重复。每个实验对实验所根据的基本原理作了简要介绍，并附有实验思考题，便于学生在实验预习时联系理论进行思考。第三部分为实验二、三、四、五、六、七、九、十、十一的实验报告填写册，由编写该部分实验内容的老师设计编写，供学生实验时记录和解释实验现象，对数据和结果进行计算和处理，并且作出结论时使用。其余实验的实验报告填写和实验内容编写在一起，没有单独另编。

参加本书编写的有黄红苹（第一部分，实验九、二十四）、马建文（实验一、二、三、十四）、周红（实验四、六、十三、二十五）、马俊蓉（实验五、十六、二十三）、邓维萍（实验七、十九、二十）、李兴玉（实验八、十二、十八、二十一）、赵艳（实验十、十七、二十二）、赵红梅（实验十一、二十六、二十七、二十八）、赵蕾（实验十五）。

本书得以出版要感谢中国农业出版社的大力支持和帮助，同时还要感谢云南农业大学基础与信息工程学院化学系教师的参与和支持。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，诚望读者和专家批评指正。

编 者

2010. 4.

[目 录]

前言

第一部分 基础知识和基本操作技术

| | |
|-------------------------------------|----|
| 第一章 无机及分析化学实验基础知识 | 3 |
| 第一节 无机及分析化学实验的目的 | 3 |
| 第二节 无机及分析化学实验内容和基本研究方法 | 3 |
| 一、无机及分析化学实验的内容 | 3 |
| 二、无机及分析化学实验的基本研究方法 | 4 |
| 第二章 无机及分析化学实验基本操作技术 | 5 |
| 第一节 常用玻璃仪器的洗涤与干燥 | 5 |
| 一、常用玻璃仪器 | 5 |
| 二、玻璃仪器的洗涤 | 7 |
| 三、玻璃仪器的干燥 | 9 |
| 第二节 加热与冷却 | 9 |
| 一、热源 | 9 |
| 二、加热方法 | 11 |
| 三、冷却 | 12 |
| 四、温度的测量 | 12 |
| 第三节 化学试剂的使用 | 13 |
| 一、化学试剂的纯度等级 | 13 |
| 二、化学试剂的取用原则 | 14 |
| 三、液体试剂的取用 | 14 |
| 四、固体试剂的取用 | 14 |
| 第四节 称量 | 15 |
| 一、天平的种类及称量原理 | 15 |
| 二、托盘天平 | 16 |
| 三、光电分析天平 | 16 |



| | |
|--------------------|----|
| 四、电子天平 | 18 |
| 五、称量方法 | 20 |
| 第五节 溶液的配制 | 20 |
| 一、一般溶液的配制 | 20 |
| 二、标准溶液的配制 | 22 |
| 第六节 气体的产生、净化、干燥与收集 | 27 |
| 一、气体的产生 | 27 |
| 二、气体的干燥和净化 | 28 |
| 三、气体的收集 | 28 |
| 第七节 试纸的应用 | 29 |
| 一、试纸的种类 | 29 |
| 二、试纸的使用方法 | 30 |
| 三、试纸的制备 | 30 |
| 第八节 试管反应与离子的检出 | 31 |
| 一、试管反应基本操作 | 31 |
| 二、离子检出基本操作 | 31 |
| 第九节 水的纯化及水质鉴定 | 34 |
| 一、水的纯化 | 34 |
| 二、水质鉴定 | 35 |
| 第十节 无机合成基本操作 | 35 |
| 一、固体的溶解、蒸发浓缩与结晶 | 35 |
| 二、沉淀的制备 | 37 |
| 三、沉淀溶液的分离 | 37 |
| 四、结晶的干燥与保存 | 41 |
| 第十一节 离子交换技术 | 42 |
| 一、离子交换树脂的分类 | 42 |
| 二、离子交换的基本原理 | 43 |
| 三、影响树脂交换的因素 | 43 |
| 四、新树脂的预处理与老化树脂的再生 | 44 |
| 五、离子交换法的具体操作 | 45 |

第二部分 无机及分析化学实验

| | |
|------------|----|
| 实验一 玻璃工操作 | 49 |
| 实验二 硫酸铜的制备 | 50 |
| 实验三 硫酸铜的提纯 | 52 |



| | | |
|-------|-----------------------|-----|
| 实验四 | 胶体溶液和乳浊液 | 54 |
| 实验五 | 化学反应速度和化学平衡 | 58 |
| 实验六 | 电离平衡 | 62 |
| 实验七 | 沉淀溶解平衡 | 66 |
| 实验八 | 醋酸电离度和电离常数的测定 | 69 |
| 实验九 | 配位化合物的生成和性质 | 71 |
| 实验十 | 氧化还原反应 | 76 |
| 实验十一 | 重要非金属元素及其化合物的性质 | 81 |
| 实验十二 | 重要金属元素及其化合物的性质 | 84 |
| 实验十三 | 分析天平称量练习 | 88 |
| 实验十四 | 滴定分析操作练习 | 91 |
| 实验十五 | 盐酸标准溶液的配制与标定 | 94 |
| 实验十六 | 氨水含量测定 | 96 |
| 实验十七 | EDTA 标准溶液的配制与标定 | 99 |
| 实验十八 | 水的总硬度及钙、镁含量测定 | 102 |
| 实验十九 | 过氧化氢含量测定 | 106 |
| 实验二十 | 硫代硫酸钠溶液的配制与标定 | 109 |
| 实验二十一 | 胆矾中铜含量的测定 | 112 |
| 实验二十二 | 铵的比色测定(标准系列法) | 115 |
| 实验二十三 | 磷的测定——分光光度法 | 117 |
| 实验二十四 | 邻二氮菲分光光度法测定铁的含量 | 120 |
| 实验二十五 | 磺基水杨酸分光光度法测铁 | 126 |
| 实验二十六 | 电位法测溶液 pH | 128 |
| 实验二十七 | 电位滴定 | 131 |
| 实验二十八 | 硫酸铜电解液中氯离子的电位滴定 | 133 |

第三部分 实验报告填写册

| | | |
|-----|-------------------|-----|
| 实验二 | 硫酸铜的制备 | 139 |
| 实验三 | 硫酸铜的提纯 | 141 |
| 实验四 | 胶体溶液和乳浊液 | 143 |
| 实验五 | 化学反应速度和化学平衡 | 145 |
| 实验六 | 电离平衡 | 147 |
| 实验七 | 沉淀溶解平衡 | 151 |



| | |
|----------------------------|-----|
| 实验九 配位化合物的生成和性质 | 153 |
| 实验十 氧化还原反应 | 157 |
| 实验十一 重要非金属元素及其化合物的性质 | 161 |
| 主要参考文献 | 165 |

【第一部分】_____

基础知识和基本操作技术

第一章 无机及分析化学 实验基础知识



第一节 无机及分析化学实验的目的

无机及分析化学实验是学习和掌握无机及分析化学知识和技能的重要环节，其研究对象可概括为：以实验为手段来研究无机及分析化学的重要理论和典型元素及其化合物的变化。通过实验达到如下目的：

(1) 通过实验获得对化学知识的感性认识，进一步验证、巩固和充实课堂上讲授的理论和概念，并适当地扩大知识面，从而对无机及分析化学的基本理论、基本概念有更深入的了解。

(2) 通过严格的基本操作、基本技能训练，使学生正确掌握无机及分析化学基本操作技能，学会正确使用一些常用仪器设备，学会观察现象，测定数据并加以正确地处理和概括。

(3) 通过实验了解无机化合物的制备、分离、提纯和鉴定的方法。

(4) 通过实验培养学生独立工作、独立思考的能力，培养学生的科学精神、创新思维和创新能力，为后续课程的学习打下良好基础。

(5) 通过实验培养学生严肃的科学态度、严谨的工作作风和优良的科学素质以及独立分析问题、解决问题的能力，收集和处理化学信息的能力，文字表达实验结果的能力以及团结协作的精神，使学生逐步掌握科学研究的方法，并树立勇于探索、敢于创新的科学态度。

第二节 无机及分析化学实验内容和 基本研究方法

一、无机及分析化学实验的内容

1. 基本操作部分 包括玻璃仪器的洗涤与干燥；酒精灯、电炉等热源的使用；不同加热方法（直接加热、间接加热等）的选择及操作；化学试剂的取



用方法等。

2. **试管反应操作** 包括试剂的加入、试管的振荡与加热、滴管的使用。

3. **离子检出基本操作** 包括溶液的转移, 沉淀的生成、洗涤, 离心机的使用, 试纸 (包括 pH 试纸、石蕊试纸等) 的使用, 颜色反应等操作。

4. **溶液配制** 包括用于一般溶液配制的量筒、台秤、温度计、密度计等的使用以及用于标准溶液配制的移液管、吸量管、容量瓶的使用, 滴定管的选择与使用, 天平的使用等。

5. **无机合成基本操作** 包括固体的溶解、过滤 (含常压过滤、减压过滤等)、蒸发与浓缩、结晶等。

6. **仪器设备的操作** pH 计、分光光度计等仪器设备的使用。

二、无机及分析化学实验的基本研究方法

1. **试管反应 (定性研究)** 包括反应及反应剂的选择; 反应条件的选择及控制 (浓度、温度、加入顺序、用量以及溶剂等); 现象的观察 (怎样改变条件使现象更明显, 怎样进行对照比较等); 反应和产物的确定 (气、液、固物质的鉴定); 主反应和副反应、连续反应和平行反应的识别; 观察的事实与理论的联系; 化学反应的描述 (包括化学反应方程式、反应现象、产物的性质和状态等)。能进行类比、对称、嫁接和转移性的实验设计。

2. **离子的检出** 对化学反应进行分析判断的又一层次, 包括单个离子的是非判断, 混合离子的分离及检出, 特别是反应的选择性和方法的灵敏度等。

3. **合成及鉴定** 包括提出方案 (从材料的收集、筛选开始, 经分析、比较和综合, 最后提出具体方案), 组织实施 (根据方案进行实验, 由结果确定或修改原方案) 及产品鉴定 (包括产率计算、质量评定等) 等一系列过程。

4. **参数测定** 利用相应的参数方程求参数 (包括模型的建立, 数据的收集及整理, 误差分析及误差的预防等), 能够用同一技术求不同的参数, 或用不同的模型 (技术) 求同一参数。

第二章 无机及分析化学实验 基本操作技术

第一节 常用玻璃仪器的洗涤与干燥

一、常用玻璃仪器

无机及分析化学实验中常用玻璃仪器如图 2-1、图 2-2 和图 2-3 所示。



图 2-1 无机及分析化学实验常用仪器之一

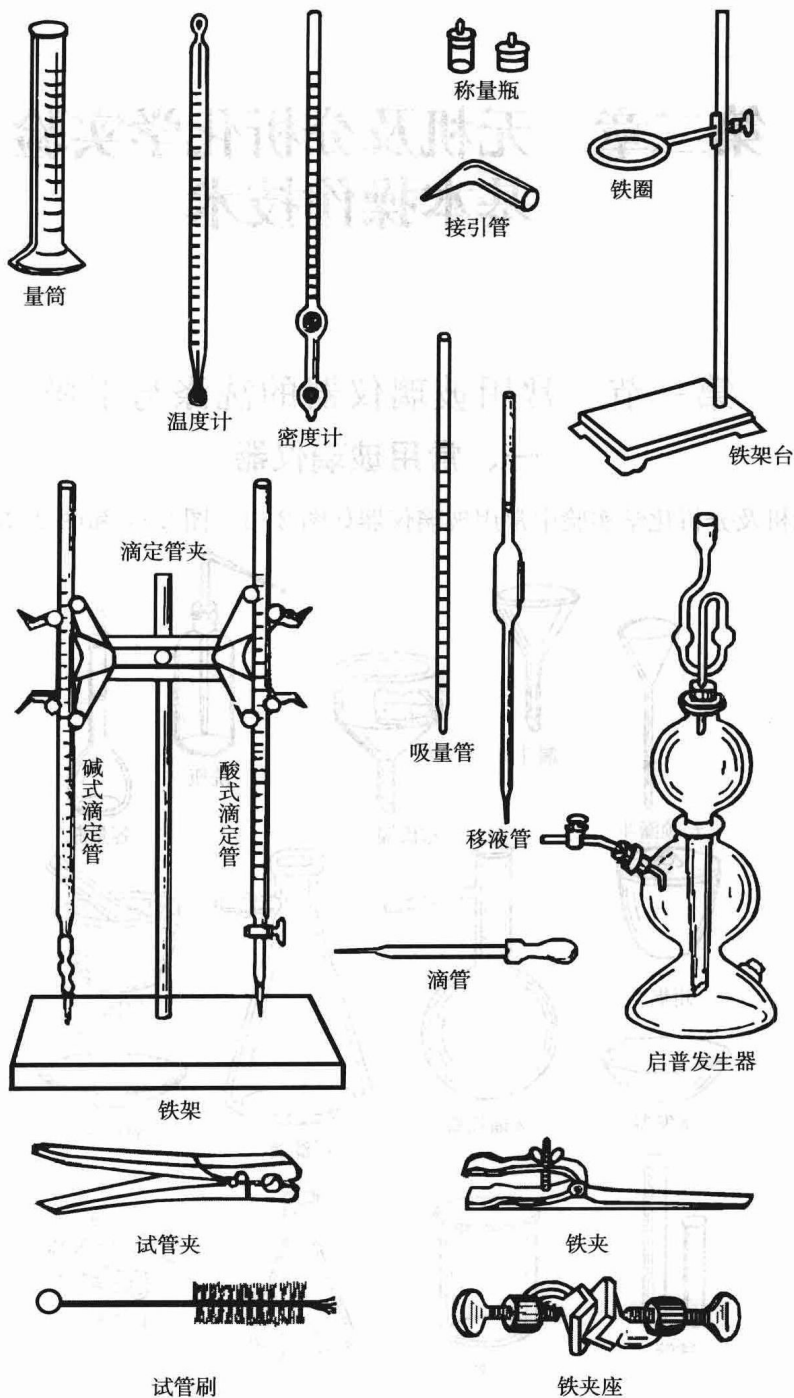


图 2-2 无机及分析化学实验常用仪器之二

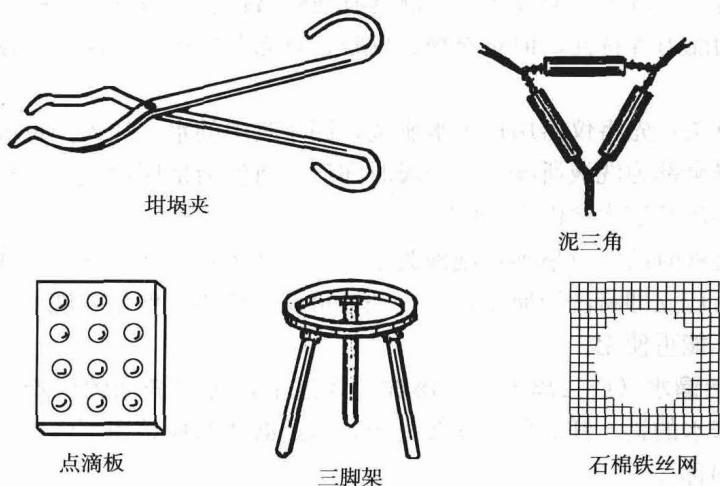


图 2-3 无机及分析化学实验常用仪器之三

二、玻璃仪器的洗涤

(一) 仪器的洗涤

化学实验中经常使用各种各样的玻璃仪器，用不干净的仪器进行实验时，必然会影响实验结果的准确性，因此必须保证仪器的“干净”。但世界上没有绝对“干净”的东西，化学上“干净”的含义主要是指“不含有妨碍实验准确性的杂质”的意思。对于不同类型的实验，对于“干净”的定义也不尽相同。

黏附在仪器上的污物，主要包括尘土及其他不溶物、可溶物、油污和其他有机物等三类，刷洗时应根据实验的具体要求、污染物的性质以及污染的程度来选用不同的方法。

1. 直接使用自来水刷洗 用自来水冲洗对于水溶性物质以及附在仪器上的尘土及其他不溶物的除去有效，但难以除去油污及某些有机物。

对于某些有机污染物，则应选取相应的有机溶剂洗涤。

2. 用去污粉、肥皂或合成洗涤剂刷洗 首先用自来水浸泡润洗，加入少量去污粉，用毛刷刷洗污处，最后再用自来水冲洗干净，必要时用蒸馏水冲洗 2~3 次。

注意：使用毛刷刷洗试管时，应将毛刷顶端的毛顺着伸入试管中，用食指抵住试管末端，来回抽拉毛刷进行刷洗，不可用力过大。也不要同时抓住几支试管一起刷洗。

3. 用洗液洗 在进行精确定量实验时，或者所使用的仪器口径小、管细、



形状特殊时，应该用洗液洗涤。洗液具有强酸性、强氧化性、较强的去油污和有机物的能力等特性，但对衣物、皮肤、桌面及橡皮的腐蚀性也较强，使用时应小心。

洗涤方法：先将仪器用自来水刷洗，倒净其中的水，加入少量洗液，转动仪器使内壁全部为洗液所浸润，一段时间后，将洗液倒回原瓶。仪器先用自来水冲洗，再用蒸馏水清洗 2~3 次。

使用洗液时的注意事项：洗液为强腐蚀性液体，应注意安全；洗液吸水性很强，用完后应立即将洗液瓶子盖严；洗液可反复使用，但是若洗液变为绿色时即失效，不能再使用。

4. 用蒸馏水（或去离子水）淋洗 经过上述方法洗涤的仪器，仍然会黏附来自自来水的钙、镁、氯、铁等离子，因此必要时应该用蒸馏水（或去离子水）淋洗内部 2~3 次。

洗涤仪器时，应注意按照少量多次的原则，尽量将仪器洗涤干净。洗涤干净的仪器内外壁上不应附着不溶物和油污。洗净的标准是：将仪器用水完全湿润，仪器倒置，水即沿器壁流下，器壁上留下一层既薄又均匀的水膜，不挂水珠。

在实验中应根据实际情况和实验内容来决定洗涤程度，如在进行定量实验中，由于杂质的引进会影响实验的准确性，因此对仪器的洁净程度要求较高。对于一般的无机制备实验或者定性实验等，对仪器的洁净程度的要求相对较低，只要洗刷干净，不必强求不挂水珠，也没有必要用蒸馏水洗涤。

为了避免有些污物难以洗去，要求当实验完毕后立即将所用仪器洗涤干净，养成一种用完即洗净的习惯。

（二）沉淀垢迹的洗涤

一些不溶于水的沉淀垢迹经常牢固地黏附在仪器的内壁，需要根据沉淀的性质选用合适的试剂，用化学方法除去。表 2-1 介绍了几种常见垢迹的处理方法。

表 2-1 常见垢迹的化学处理方法

| 垢迹类别 | 处理方法 | 垢迹类别 | 处理方法 |
|--|-----------------------------|-------------------|--------|
| MnO ₂ , Fe(OH) ₃ 或碱土金属的碳酸盐 | 盐酸 (MnO ₂ 需用浓盐酸) | 不溶于水及酸碱的有机物 | 相应有机溶剂 |
| 银、铜等 | 硝酸 | 煤焦油 | 煮沸的石灰水 |
| 难溶银盐 | 一般用硫代硫酸盐, AgS 可用热浓硝酸 | KMnO ₄ | 浓碱浸泡 |
| | | 硫黄 | 稀草酸溶液 |